



18 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 100 15 615 A 1**

61 Int. Cl. 7:
G 01 N 21/61
G 01 J 3/02
G 01 N 21/25
G 02 B 5/124

21 Aktenzeichen: 100 15 615.0
22 Anmeldetag: 29. 3. 2000
43 Offenlegungstag: 18. 10. 2001

DE 100 15 615 A 1

71 Anmelder:
Drägerwerk AG, 23558 Lübeck, DE

72 Erfinder:
Ankerhold, Georg, Dr., 23562 Lübeck, DE

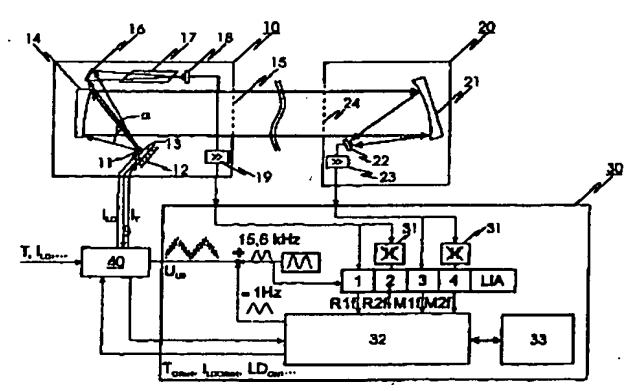
56 Entgegenhaltungen:
DE 196 11 290 C2
DE 33 28 941 C2
DE 3 887 76 8 T2
DE 69 700 10 3 T2
US 55 91 975 A
Power, April 1975, Seiten 92-94;
SPJE, vol. 2366, Impr. 0-8194-1712-2/95,
Seiten 65-69;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Gasmesssystem

57 Die Erfindung bezieht sich auf ein optisches Gasmesssystem, das es ermöglicht, über einer Messstrecke von etwa 100 Metern insbesondere infrarotaktive einzelne Gase zu identifizieren und ihre Konzentration gemittelt über die überstrichene Messstrecke zu bestimmen. Als Strahlungsquelle wird vorzugsweise eine nahinfrarote Laserdiode oder ein Infrarot pulsierend emittierender Quantenkaskadenlaser eingesetzt.
Das erfindungsgemäße Gasmesssystem ist dadurch gekennzeichnet, dass
- die Laserquelle (11) ein divergentes Strahlenbündel emittiert, aus welchem sowohl der Messstrahl als auch der Referenzstrahl nach einmaliger Reflexion des emittierten Strahlenbündels hervorgehen, wobei
- ein erster Strahlungsreflektor (14) in Form eines ersten Hohlspiegels zur Reflexion eines ersten Teils des aus der Laserquelle (11) emittierten Strahlenbündels als Messstrahl in die offene optischen Messstrecke ausgebildet ist,
- ein zweiter Strahlungsreflektor (16) in Form eines zweiten Hohlspiegels zur Reflexion eines zweiten Teils des aus der Laserquelle (11) emittierten Strahlenbündels als Referenzstrahl in eine Referenzgasküvette (17) mit der Referenzgasprobe für das zu messende Gas ausgebildet ist und
- ein dritter Strahlungsreflektor (21) in Form eines dritten Hohlspiegels zur Reflexion des nach Durchlaufen der optischen Messstrecke empfangenen Messstrahls auf einen ersten Strahlungsdetektor (22) ausgebildet ist.



DE 100 15 615 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Gasmesssystem nach dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0002] Ein gattungsgemäßes, bekanntes Gasmesssystem mit einer offenen optischen Messstrecke (sogenannte Open-Path-Messung) geht aus der DE 196 11 290 C2 hervor, wobei dort die Sende- und Empfangsoptik räumlich nahe beieinander liegen und zusätzlich ein Retroreflektor verwendet wird. Ein wesentlicher Nachteil dieses bekannten Gasmesssystems ergibt sich durch die Störung und Abschwächung des Messsignals durch den Strahlenverlauf über die notwendigen optischen Elemente Strahlenteiler und Retroreflektor.

[0003] Bei der optischen Streckenmessung von Gasen handelt es sich im allgemeinen um den Spurennachweis von gasförmigen Substanzen, die in extrem geringen Konzentrationen vorliegen können. Voraussetzung für eine optische Quantifizierung sind allerdings Absorptionsbanden der nachzuweisenden Gase in einem für die verwendete optische Messtechnik zugänglichen Spektralbereich. Um zu einer niedrigen Nachweisgrenze zu gelangen, sucht man in zweckmäßiger Weise einen spektralen Bereich aus, in dem das zu analysierende Gas eine ausgeprägte Infrarotaktivität besitzt, also starke optische Absorption aufweist, und in dem möglichst geringe Querempfindlichkeiten, insbesondere zu atmosphärischen Gasen wie Wasser oder Kohlendioxid bestehen. Eine starke optische Absorption durch Gas-moleküle findet man in der Regel im Spektralbereich der molekularen Hauptschwingungen, die häufig in einen der beiden Wellenlängenbereiche 2 bis 5 Mikrometer und 8 bis 12 Mikrometer fallen. Andererseits sind die bisher bekannten optischen Anordnungen und Strahlungsquellen durch relativ schlechte empfangene Messsignalqualitäten gekennzeichnet, was insbesondere durch die verwendeten Strahlungsquellen in Kombination mit den verwendeten optischen Elementen bedingt ist.

[0004] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein verbessertes Gasmesssystem der eingangs genannten Art mit einer offenen optischen Messstrecke ohne Retroreflektor vorzuschlagen, das keinen Strahlenteiler erforderlich macht.

[0005] Die Lösung der Aufgabe erhält man mit den Merkmalen von Anspruch 1. Die Unteransprüche geben vorteilhafte Ausbildungen des Gasmesssystems nach Anspruch 1 an.

[0006] Schließlich gibt der letzte Anspruch bevorzugte Verwendungen des Gasmesssystems nach den vorhergehenden Ansprüchen an.

[0007] Ein wesentlicher Vorteil des Erfindungsgegenstands nach Anspruch 1 ergibt sich aus der Verwendung sehr weniger optischer Elemente, so dass Störungen und Intensitätsverluste des Messstrahls weitgehend vermieden werden. Die Lösung der Aufgabe erhält man insbesondere durch die Ausbildung eines ersten Strahlungsreflektors in Form eines Hohlspiegels und besonders bevorzugt in Form eines in Bezug zur optischen Achse asymmetrisch ausgebildeten Parabolspiegels, eines sogenannten Off-Axis-Parabolspiegels, so dass das durch die Laserquelle emittierte divergente Strahlenbündel sowohl diesen ersten Strahlungsreflektor als auch einen in der Nähe angeordneten zweiten Strahlungsreflektor in Form eines Hohlspiegels und vorzugsweise in Form eines Kugelspiegels oder Parabolspiegels gezielt überstreicht. Das von dem ersten Strahlungsreflektor reflektierte Strahlenbündel bildet den Messstrahl, welcher nach Durchlaufen der Messstrecke über einen dritten Strahlungsreflektor auf einen ersten Strahlungsdetektor trifft. Das von dem zweiten Strahlungsreflektor reflektierte Strahlenbündel dient als Referenzstrahl und ist über eine Referenzgasküvette mit einer Referenzgasprobe des zu messenden Gases

auf einen zweiten Strahlungsdetektor ausgerichtet.

[0008] Eine besonders bevorzugte Laserquelle ist ein pulsierend Strahlung emittierender Quantenkaskadenlaser, mit dem der besonders interessierende optische Wellenlängenbereich von 2 bis 12 Mikrometer des nahen bis mittleren Infrarot abgedeckt werden kann.

[0009] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend mit Hilfe der einzigen Figur erläutert, die schematisch ein erfindungsgemäßes Gasmesssystem darstellt. Das erfindungsgemäße Gasmesssystem besteht aus den Funktionseinheiten optische Sende- und Empfangsanordnung 10, optische Empfangsanordnung 20, Auswerteanordnung 30 und Lasersteu-
ergerät 40 für die Leistungs- und Temperaturregelung der Laserquelle 11. Die Laserquelle 11 befindet sich auf einem thermoelektrischen Peltier-Kühlelement 12, zusammen mit einem Temperatursensor 13.

[0010] Die Laserquelle 11 ist vorzugsweise ein pulsförmig Strahlung im nahen bis mittleren Infrarot emittierender Quantenkaskadenlaser oder auch eine kommerziell erhältliche, im Ausführungsbeispiel verwendete und im nahen Infrarot im Dauerbetrieb kontinuierlich Strahlung aussendende Laserdioden, die ein stark divergentes Strahlenbündel mit einem Öffnungswinkel α von im Beispiel etwa 35 Grad emittiert. Der erste Strahlungsreflektor 14, der vorzugsweise als in Bezug zur optischen Achse asymmetrischer Parabolspiegel ausgebildet ist, und der zweite Strahlungsreflektor 16, der vorzugsweise als Kugelspiegel oder Parabolspiegel ausgebildet ist, sind wie dargestellt so dicht nebeneinander angeordnet, dass das von der Laserquelle 11 emittierte Strahlenbündel sowohl den ersten Strahlungsreflektor 14 als auch den zweiten Strahlungsreflektor 16 überstrahlt, so dass ein bisher üblicher Strahlenteiler für die Aufteilung des Strahlenbündels in einen Messstrahl und in einen Referenzstrahl entfällt.

[0011] Der erste Strahlungsreflektor 14 dient zur Kollimation des Messstrahls des divergenten Strahlenbündels aus der Laserquelle 11, welches zunächst durch ein erstes Folienfenster 15 über die offene Messstrecke und anschließend über ein zweites Folienfenster 24 in die Empfangsanordnung 20 gelangt. Dort trifft der Messstrahl auf einen dritten Strahlungsreflektor 21 und wird schließlich auf einen ersten Strahlungsdetektor 22 mit einem nachgeschalteten Vorverstärker 23 fokussiert.

[0012] Die Auswertung der verstärkten Messsignale findet in der Auswerteanordnung 30 statt.

[0013] Ein zweiter Teil des Strahlenbündels aus der Laserquelle 11, nämlich der Referenzstrahl, gelangt zunächst auf den zweiten Strahlungsreflektor 16, der die Strahlung über eine Referenzgasküvette 17 mit der Referenzgasprobe des zu messenden Gases auf einen zweiten Strahlungsdetektor 18 mit einem nachgeschalteten Vorverstärker 19 fokussiert. Die verstärkten Messsignale werden ebenfalls der Auswerteanordnung 30 zugeführt. In der Auswerteanordnung 30 werden die Messsignale mittels an sich bekannter Verfahren phasenempfindlich ausgewertet, wobei die einfachen Frequenzen mittels geeigneter Filter 31 ausgeschlossen werden.

[0014] Über eine Datenerfassungseinheit 32 werden die Messergebnisse an eine Eingabe- und Anzeigeeinheit 33 weitergeleitet und Eingabewerte in das Gasmesssystem verarbeitet. Die Laserquelle 11 wird mittels des Lasersteu-
ergerätes 40 und der ausgewerteten Messsignale moduliert.

[0015] Wird als Laserquelle 11 in Verbindung mit einem entsprechend veränderten Lasersteuergestalt 40 ein pulsförmig infrarote Strahlung emittierender Quantenkaskadenlaser mit Pulsbreiten bis zu mehreren 100 Nanosekunden und Pulsrepetitionsraten bis zu mehreren Megahertz verwendet, kann die Auswertung in der Auswerteanordnung 30 ähnlich

phasensensitiv erfolgen wie bei Verwendung von modulierten, aber kontinuierlich strahlenden Laserdioden. Bei Quantenkaskadenlasern kann man durch die im Vergleich zu den niedrigen Modulationsfrequenzen von einigen Kilohertz hohen Pulsrepetitionraten im Megahertzbereich auch von quasikontinuierlicher Laserstrahlung sprechen, so dass der einzelne kurze Laserpuls bei der Detektion an den beiden Strahlungsdetektoren 18 und 22 nicht mehr zeitlich aufgelöst werden muss.

[0016] Besonders gute Messergebnisse wurden für die zu bestimmenden Gase Schwefelwasserstoff (H_2S), Ammoniak (NH_3), Salzsäure (HCl) und Methan (CH_4) erzielt.

Patentansprüche

1. Gasmesssystem mit einer offenen optischen Messstrecke zur spektroskopischen Messung mindestens einer Komponente einer Gasprobe mit einer Laserquelle, einer Referenzgasprobe für das zu messende Gas, zwei Strahlungsdetektoren für den Hauptstrahl und den Referenzstrahl und mindestens zwei Strahlungsreflektoren, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Laserquelle (11) ein divergentes Strahlenbündel emittiert, aus welchem sowohl der Messstrahl als auch der Referenzstrahl nach einmaliger Reflexion des emittierten Strahlenbündels hervorgehen, wobei
- ein erster Strahlungsreflektor (14) in Form eines ersten Hohlspiegels zur Reflexion eines ersten Teils des aus der Laserquelle (11) emittierten Strahlenbündels als Messstrahl in die offene optische Messstrecke ausgebildet ist,
- ein zweiter Strahlungsreflektor (16) in Form eines zweiten Hohlspiegels zur Reflexion eines zweiten Teils des aus der Laserquelle (11) emittierten Strahlenbündels als Referenzstrahl in eine Referenzgasküvette (17) mit der Referenzgasprobe für das zu messende Gas ausgebildet ist und
- ein dritter Strahlungsreflektor (21) in Form eines dritten Hohlspiegels zur Reflexion des nach Durchlaufen der optischen Messstrecke empfangenen Messstrahls auf einen ersten Strahlungsdetektor (22) ausgebildet ist.

2. Gasmesssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Strahlungsreflektor (14) ein in Bezug zur optischen Achse asymmetrisch ausgebildeter Parabolspiegel und der zweite Strahlungsreflektor (16) ein Kugelspiegel oder Parabolspiegel ist.

3. Gasmesssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Laserquelle (11) eine Nahinfrarot-Laserdiode oder ein Quantenkaskadenlaser ist.

4. Gasmesssystem nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Messstrecke 1 bis 200 Meter beträgt.

5. Verwendung eines Gasmesssystems nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4 für eins oder mehrere der Gase Schwefelwasserstoff (H_2S), Ammoniak (NH_3), Salzsäure (HCl), Phosgen (COCl_2), Kohlenmonoxid (CO), Methan (CH_4).

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

